

Re PCT/PTO 24 JUN 2005

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-091225

(43)Date of publication of application : 10.04.1998

(51)Int.Cl.

G05B 19/4061

B25J 9/16

B25J 9/22

B25J 13/08

G06F 9/06

G06K 9/46

(21)Application number : 08-242810

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 13.09.1996

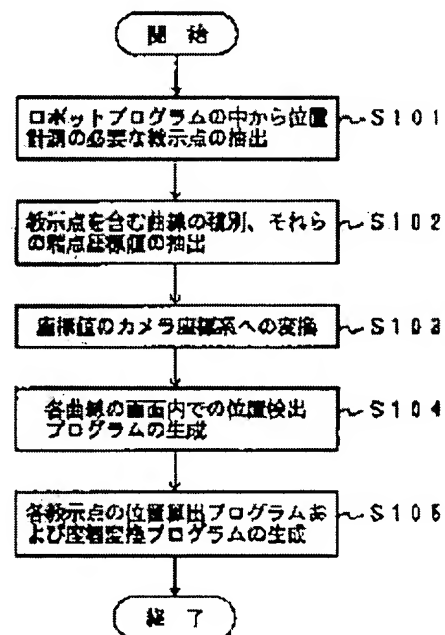
(72)Inventor : UENOHARA MICHIIRO

(54) METHOD AND DEVICE FOR AUTOMATIC IMAGE PROCESSING PROGRAM GENERATION FOR ROBOT, AND METHOD FOR AUTOMATIC ROBOT PROGRAM CORRECTION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide the automatic image processing program generating method, etc., for a robot which can automatically generate an image processing program for corresponding with solid body differences of a work to be operated.

SOLUTION: Teaching points whose positions need to be measured with precision are extracted from a robot program which is taught previously about a master work (step S101) and the kinds of straight lines and curves such as arcs that the respective teaching points and the coordinate values of teaching points specifying the ranges of the curves such as end points of the curves are extracted from the kinds of operation instructions including the extracted teaching points (step S102). The extracted coordinate values (robot coordinate system) of the extracted teaching points are converted into coordinate value on the screen of a video camera (step S103) and the image processing program is generated which detects the curves corresponding to the respective teaching points in an image photographed by the video camera on the basis of the converted coordinate values of the respective teaching points and the kinds of the curves that are belonged to find the actual positions of the respective teaching points as their intersections.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

01.09.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

BEST AVAILABLE COPY

[Patent number]	3538506
[Date of registration]	26.03.2004
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]	
[Date of extinction of right]	

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-91225

(43) 公開日 平成10年(1998) 4月10日

(51) Int. Cl. ⁴	識別記号	P I	
G 0 5 B 19/4081		G 0 5 B 19/405	M
B 2 5 J 9/16		B 2 5 J 9/16	
	9/22		Z
	13/08		A
G 0 6 F 9/06	5 3 0	G 0 6 F 9/06	5 3 0 V

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平8-242810

(22) 出願日 平成8年(1996) 9月13日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 植之原 道 宏

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会社

東芝研究開発センター内

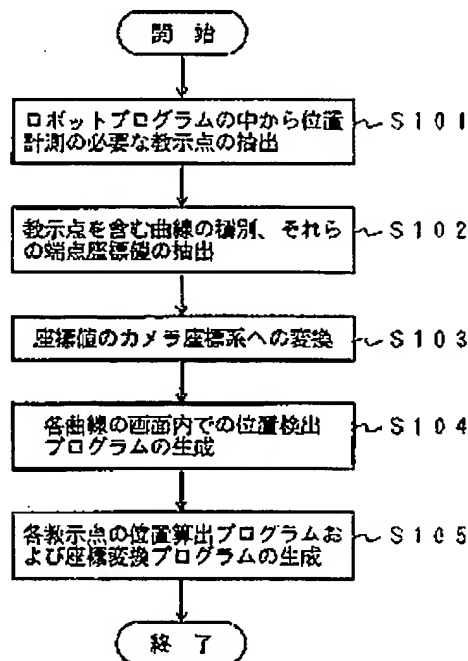
(74) 代理人 弁理士 佐藤 一雄 (外 3 名)

(54) 【発明の名称】 ロボットのための画像処理プログラム自動生成方法、その装置およびロボットプログラム自動修正方法

(57) 【要約】

【課題】 作業対象となるワークの個体差に対応するための画像処理プログラムを自動的に生成できるロボットのための画像処理プログラム自動生成方法等を提供する。

【解決手段】 あらかじめマスタワークについてティーチングされたロボットプログラムの中から正確な位置計測が必要な教示点を抽出し(ステップS101)、さらに抽出された各教示点を含む動作命令の種別から各教示点が属する直線や円弧等の曲線の種別、および曲線の端点等の曲線の範囲を特定する教示点の座標値を抽出する(ステップS102)。抽出された教示点の座標値(ロボット座標系)をビデオカメラの画面内での座標値に変換し(ステップS103)、変換された各教示点の座標値および属する曲線の種別に基づいて、ビデオカメラにより撮影された画像から各教示点に対応する曲線を検出してこれらの交点としての各教示点の実際の位置を求める画像処理プログラムを生成する(ステップS104, S105)。



(2)

特開平10-91225

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】溶接作業や、面取り作業等のワークとの接触を伴う作業を行うロボットのための画像処理プログラム自動生成方法において、

あらかじめマスタワークについてティーチングされたロボットプログラムの中からワークとの接触作業を行う際のロボット座標系に基づく動作命令を抽出し、この抽出された動作命令からあらかじめ内蔵された教示点を抽出する第1の工程と、

この第1の工程により抽出された各教示点について、それぞれの教示点を含む動作命令の種類から各教示点が直線や円弧等の曲線のうちどのような曲線に属するかを判別するとともに、この判別された曲線における端点や途中の点等の曲線の範囲を特定する教示点の座標値を前記ロボットプログラムの中から読み出す第2の工程と、

この第2の工程により読み出された各教示点のロボット座標系での座標値を、あらかじめ定義された前記ワークを撮影するためのビデオカメラの座標系とロボット座標系との変位量を用いて前記ビデオカメラの画面内での座標値に変換する第3の工程と、

この第3の工程により変換された各教示点の座標値および各教示点の属する曲線の種類に基づいて、前記ビデオカメラにより撮影された画像から前記各教示点に対応する直線や円弧等の曲線を検出してこれらの交点としての各教示点の実際の位置を求める画像処理プログラムを生成する第4の工程と、

を備えたことを特徴とするロボットのための画像処理プログラム自動生成方法。

【請求項2】前記第4の工程において生成される画像処理プログラムは、前記ビデオカメラにより撮影された画像から前記ビデオカメラの画面内での直線や円弧等の曲線の位置を検出する位置検出プログラムと、この位置検出プログラムにより検出される曲線の位置から前記ロボットプログラムの中から読み出された前記各教示点の前記ビデオカメラの画面内での実際の位置を算出する位置算出プログラムと、この位置算出プログラムにより算出される前記各教示点の前記ビデオカメラの画面内での座標値をロボット座標系での座標値に変換する座標変換プログラムとからなることを特徴とするロボットのための画像処理プログラム自動生成方法。

【請求項3】前記位置検出プログラムは、前記ビデオカメラにより撮影された画像から、前記第2の工程により読み出された各教示点の座標値および各教示点の属する曲線の種類に基づいて前記ビデオカメラの画面内における限定された所定領域内で直線や円弧等の曲線の位置を検出するものであることを特徴とする請求項2記載のロボットのための画像処理プログラム自動生成方法。

【請求項4】溶接作業や、面取り作業等のワークとの接触を伴う作業を行うロボットのための画像処理プログラム自動生成装置において、

2

作業対象となるワークを撮影するビデオカメラと、

あらかじめマスタワークについてティーチングされたロボットプログラムの中からワークとの接触作業を行う際のロボット座標系に基づく動作命令を抽出し、この抽出された動作命令からあらかじめ内蔵された教示点を抽出する手段と、

この手段により抽出された各教示点について、それぞれの教示点を含む動作命令の種類から各教示点が直線や円弧等の曲線のうちどのような曲線に属するかを判別するとともに、この判別された曲線における端点や途中の点等の曲線の範囲を特定する教示点の座標値を前記ロボットプログラムの中から読み出す手段と、

この手段により読み出された各教示点のロボット座標系での座標値を、あらかじめ定義された前記ビデオカメラの座標系とロボット座標系との変位量を用いて前記ビデオカメラの画面内での座標値に変換する手段と、

この手段により変換された各教示点の座標値および各教示点の属する曲線の種類に基づいて、前記ビデオカメラにより撮影された画像から前記各教示点に対応する直線や円弧等の曲線の位置を検出してこれらの交点としての各教示点の実際の位置を求める画像処理プログラムを生成する手段と、

を備えたことを特徴とするロボットのための画像処理プログラム自動生成装置。

【請求項5】請求項1ないし3のいずれかに記載のロボットのための画像処理プログラム自動生成方法により生成された画像処理プログラムを用いて、前記ビデオカメラにより撮影された画像から実際のワークの教示点の座標値を求める工程と、

この工程により求められた実際のワークの教示点の座標値に基づいて、ロボットプログラムにあらかじめ内蔵された各教示点の座標値を修正する工程と、

を備えたことを特徴とするロボットプログラム自動修正方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は溶接作業や、面取り作業等のワークとの接触を伴う作業を行うロボットに係り、とりわけこのようなロボットのための画像処理プログラム自動生成方法、その装置およびロボットプログラム自動修正方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より工場の製造ライン等においては、各種の作業を行うために様々な形でロボットが利用されている。ロボットの主な用途としては、自動車ラインにおける溶接や、電子部品の組立等が挙げられるが、その他にもマテハンや塗装、面取り等の各種の作業で利用されている。なお、従来におけるロボットの基本的な使用法は、治具等によりロボットに対してワークが正確に位置決めされるようにしておき、あらかじめマスタ

(3)

特開平10-91225

3

ワークについてティーチングされたロボットプログラムによる動作を数多くの同じワークに対して繰り返すというものであった。

【0003】しかしながら、近年のコンピュータの価格低下と計算能力の急激な増大、およびCCD（Charge coupled device、電荷結合素子）カメラの価格低下と性能向上により、画像処理が従来とは比べものにならないほどの低価格で利用できるようになってきている。これに伴い、ロボットの分野においても、画像処理を積極的に利用する例が増えている。代表的な利用方法としては、物体をパレットの決められた位置に搬送するパレタイジングにおいてワークの種別や正確な位置を検出するもの、チップマウンタにおいてICの位置を検出するもの等がある。また、ロボットにおけるこれまでの画像処理では、処理時間の制約が厳しいために、画像処理専用のハードウェアによる2値化処理を行うことが普通であったが、コンピュータの価格低下と計算能力の向上により、造形画像のパターンマッチング等を行う画像処理装置も増えつつある。一般に造形画像のパターンマッチングの方が2値化処理に比べて照明条件の変化に対して安定であるといわれている。

【0004】ロボット用の画像処理装置は、ロボットの動作を制御するロボットコントローラに組み込まれるか、あるいはロボットコントローラとのデータのやりとりが可能となっており、これにより画像処理結果をロボットプログラムに反映できるようになっている。また画像処理装置には、専用の画像処理用言語が用意されているのが普通であり、この専用の画像処理用言語により、あらかじめユーザはその処理内容についてのプログラムを記述しておく必要がある。これまでの画像処理用言語の中には、ユーザによるプログラム作業ができるだけ容易になるように工夫されているものも多いが、画像処理技術の発展とともに画像処理装置により提供される機能は急激に増えつつあり、ユーザに必要とされる画像処理に関する知識はむしろ増えつつあるといえる。

【0005】なお、画像処理が利用できるロボットの具体的な作業として、例えば面取り作業や溶接作業等のようにワーク稜線に沿ってロボットの先端に取り付けられたツールが移動する作業においては、ワークの個体差によって変化するワーク稜線の位置および形状を正確に把握しておく必要があり、このためにワークの位置および形状を特徴づける教示点の実際の位置を画像処理により求めておくことが有効となる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、ロボットにより行われる各種の作業に画像処理を利用することは有効ではあるが、画像処理を利用するためには個々の画像処理装置に固有の言語を習得した後、各作業ごとに画像処理プログラムを記述する必要があった。また、個々のワークに対して画像処理プログラムを記述す

4

るとともに、その画像処理結果を利用してロボットが動作するようにロボットプログラムを作成ないし修正する必要があった。

【0007】このため従来のロボットでは、画像処理プログラムの記述に多大な時間を要していた。また画像処理装置に固有の言語や画像処理に関する基礎知識を習得するためにも多大な時間が必要であり、画像処理に詳しい人間でないと画像処理装置を使いこなすことは困難であった。

10 【0008】しかしながら、ロボットにより行われる溶接作業や、面取り作業等のワークとの接触を伴う作業のために必要となる画像処理に限れば、ワークの個体差によって変化するワーク稜線の位置および形状等は、1つのマスタワークについてティーチングされたロボットプログラムの中に動作命令の種別や動作命令の引数である教示点としてすでに含まれている。ここで、画像処理により正確な位置が要求される教示点はワーク稜線等との位置決めが要求される作業である。

25 【0009】一方、ロボットプログラムの中には、溶接作業時の動作や面取り作業時の動作等に直接関係する正確な位置が要求される教示点以外にも、ロボットの姿勢を単に変化させるだけの動作のようにワークの個体差を考慮する必要のない動作に関係する教示点も含まれている。しかしこれについては、例えば溶接作業に関しては、溶接開始命令および溶接停止命令に挟まれたロボットの動作命令のみを選択することにより高精度の位置決めが要求される溶接作業時の動作に関係する教示点のみを抽出することが可能である。

30 【0010】また力制御機能を有するロボットによる面取り作業に関しては、ワークとの接触を伴う直線移動命令や円弧移動命令等のようにワークとの接触を伴う作業命令のみを選択することにより溶接作業の場合と同様に高精度の位置決めが要求されるワークとの接触作業時の動作に関係する教示点のみを抽出することが可能である。このように、マスタワークについてティーチングされたロボットプログラムの中には、画像処理プログラムを作成するために必要な情報は全て含まれている。

40 【0011】本発明はこのような点を考慮してなされたものであり、マスタワークについてティーチングされたロボットプログラムからワークごとの個体差に対応するための画像処理プログラムを自動的に生成することができるロボットのための画像処理プログラム自動生成方法およびその装置を提供することを目的とする。また、このような方法により生成された画像処理プログラムを用いてロボットプログラムにあらかじめ内蔵された各教示点の座標値を自動的に修正することができるロボットプログラム自動修正方法を提供することも目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明は、溶接作業や、面取り作業等のワークとの接触を伴う作業を行うロボッ

トのための画像処理プログラム自動生成方法において、あらかじめマスタワークについてティーチングされたロボットプログラムの中からワークとの接触作業を行う際のロボット座標系に基づく教示点を含む動作命令を抽出し、この抽出された動作命令からあらかじめ内蔵された教示点を抽出する第1の工程と、この第1の工程により抽出された各教示点について、それぞれの教示点を含む動作命令の種別から各教示点が直線や円弧等の曲線のうちどのような曲線に属するかを判別するとともに、この判別された曲線における端点や途中の点等の曲線の範囲を特定する教示点の座標値を前記ロボットプログラムの中から読み出す第2の工程と、この第2の工程により読み出された各教示点のロボット座標系での座標値を、あらかじめ定義された前記ワークを撮影するためのビデオカメラの座標系とロボット座標系との変換位置を用いて前記ビデオカメラの画面内での座標値に変換する第3の工程と、この第3の工程により変換された各教示点の座標値および各教示点の属する曲線の種別に基づいて、前記ビデオカメラにより撮影された画像から前記各教示点に対応する直線や円弧等の曲線を検出してこれらの交点としての各教示点の実際の位置を求める画像処理プログラムを生成する第4の工程と、を備えたことを特徴とするロボットののための画像処理プログラム自動生成方法を提供する。

【0013】また本発明は、溶接作業や、面取り作業等のワークとの接触を伴う作業を行うロボットののための画像処理プログラム自動生成装置において、作業対象となるワークを撮影するビデオカメラと、あらかじめマスタワークについてティーチングされたロボットプログラムの中からワークとの接触作業を行う際のロボット座標系に基づく教示点を含む動作命令を抽出し、この抽出された動作命令からあらかじめ内蔵された教示点を抽出する手段と、この手段により抽出された各教示点について、それぞれの教示点を含む動作命令の種別から各教示点が直線や円弧等の曲線のうちどのような曲線に属するかを判別するとともに、この判別された曲線における端点や途中の点等の曲線の範囲を特定する教示点の座標値を前記ロボットプログラムの中から読み出す手段と、この手段により読み出された各教示点のロボット座標系での座標値を、あらかじめ定義された前記ビデオカメラの座標系とロボット座標系との変換位置を用いて前記ビデオカメラの画面内での座標値に変換する手段と、この手段により変換された各教示点の座標値および各教示点の属する曲線の種別に基づいて、前記ビデオカメラにより撮影された画像から前記各教示点に対応する直線や円弧等の曲線の位置を検出してこれらの交点としての各教示点の実際の位置を求める画像処理プログラムを生成する手段と、を備えたことを特徴とするロボットののための画像処理プログラム自動生成装置を提供する。

【0014】さらに本発明は、上述したロボットのた

の画像処理プログラム自動生成方法により生成された画像処理プログラムを用いて、前記ビデオカメラにより撮影された画像から実際のワークの教示点の座標値を求める工程と、この工程により求められた実際のワークの教示点の座標値に基づいて、ロボットプログラムにあらかじめ内蔵された各教示点の座標値を修正する工程と、を備えたことを特徴とするロボットプログラム自動修正方法を提供する。

【0015】本発明のロボットののための画像処理プログラム自動生成方法およびその装置によれば、あらかじめマスタワークについてティーチングされたロボットプログラムの中から画像処理により正確な位置を求めるべき教示点を抽出し、この抽出された各教示点を含む動作命令の種別および他の動作命令に含まれる教示点に基づいて、これらの各教示点のロボット座標系での座標値および各教示点の属する曲線の種別を求め、これらの各教示点のロボット座標系での座標値をビデオカメラの画面内での座標値に変換する。そして、この変換された各教示点の座標値および各教示点の属する曲線の種別に基づいて、ビデオカメラにより撮影された画像から前記各教示点に対応する直線や円弧等の曲線を検出してこれらの交点としての各教示点の実際の位置を求める画像処理プログラムを生成する。これにより、マスタワークについてティーチングされたロボットプログラムからワークごとの個体差に対応するための画像処理プログラムを自動的に生成することができる。

【0016】また本発明のロボットプログラム自動修正方法によれば、本発明のロボットののための画像処理プログラム自動生成方法により生成された画像処理プログラムを用いて、ビデオカメラにより撮影された画像から実際のワークの教示点の座標値を各ワークごとに求め、さらにこの求められた実際のワークの教示点の座標値に基づいて、ロボットプログラムにあらかじめ内蔵された各教示点の座標値を自動的に修正するので、1つのマスタワークについてティーチングを行ってロボットプログラムを作成するだけでワークごとの個体差を吸収するようにロボットプログラムを自動的に修正することができ、このため仮に画像処理に関しての十分な知識を有しない人であっても容易に画像処理を利用してワークの個体差を吸収した形でロボットを動作させることができる。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。

【0018】図1および図2は本発明によるロボットののための画像処理プログラム自動生成方法およびその装置の一実施の形態を説明するための図である。

【0019】まず図2によりロボットののための画像処理プログラム自動生成方法を実現する装置の全体構成について説明する。図2に示すように、この装置は、作業対象となるワーク6を撮影するビデオカメラ1と、ビデオ

(5)

特開平10-91225

7

カメラ1により撮影された画像を取り込む画像入力ボード2が挿入されたパーソナルコンピュータ3とから構成されている。ここで、パーソナルコンピュータ3において生成された画像処理プログラムはパーソナルコンピュータ3上で実行され、この実行結果に基づいてマスタワークについてティーチングされたロボットプログラムが修正される。修正後のロボットプログラムはロボット5の動作を制御するロボットコントローラ4上で実行され、ロボット5によりワーク6の個体差を考慮した動作がなされる。なお、ロボットプログラムの修正はパーソナルコンピュータ3上またはロボットコントローラ4上のいずれでも行うことができ、パーソナルコンピュータ3上で修正が行われる場合には修正後のロボットプログラムがロボットコントローラ4に転送される。

【0020】次に図1によりロボットのための画像処理プログラム自動生成方法の手順について説明する。図1に示すように、まず、あらかじめマスタワークについてティーチングされたロボットプログラムの中から溶接作業や、面取り作業等の作業対象であるワークとの接触を伴う作業を行う際のロボット座標系に基づく動作命令を抽出し、この抽出された動作命令から正確な位置計測が必要な教示点を抽出する(ステップS101)。

【0021】続いて、ステップS101において抽出された各教示点について、それぞれの教示点を含む動作命令の種別から各教示点が直線や円弧等の曲線のうちどのような曲線に属するかを判別するとともに、この判別された曲線における端点や途中の点等の曲線の範囲を特定する教示点の座標値をロボットプログラムの中から読み出す(ステップS102)。

【0022】その後、ステップS101において抽出された教示点のロボット座標系での座標値、およびステップS102において抽出されたその他の教示点のロボット座標系での座標値をビデオカメラの画面内での座標値に変換する(ステップS103)。すなわち、ロボットプログラムで記述されている座標値はロボット座標系での座標値であるので、これらの座標値をロボット座標系とビデオカメラの投影中心に原点を有するカメラ座標系との変位を用いてビデオカメラの画面内での座標系である画面座標系での座標値に変換する。なお、ロボット座標系とカメラ座標系との変位はあらかじめユーザが設定しておく。

【0023】そして、ステップS103において変換された各教示点の座標値および各教示点の属する曲線の種別に基づいて、ビデオカメラの画面内での直線や円弧等の曲線の位置を検出する位置検出プログラムを生成するとともに(ステップS104)、ステップS104において生成された位置検出プログラムにより検出される直線や円弧等の曲線の位置からステップS101およびステップS102において抽出された各教示点のビデオカメラの画面内での実際の位置を算出する位置算出プログ

8

ラムと、この位置算出プログラムにより算出される各教示点の画面座標系での座標値をロボット座標系での座標値に変換する座標変換プログラムとを生成する(ステップS105)。

【0024】以下、図3に示すワークを例にとり、このワークについての画像処理プログラムが生成される手順を図1により具体的に説明する。図4は図3に示すワークのエッジの面取り作業を行うためのロボットプログラムを示す図である。

【0025】図4に示すロボットプログラムにおいて、15行目の「speed 10」はロボットの動作速度を「10」に設定することを意味する。また、16行目の「force 1」は動作命令のうちgmove!等による押し付け作業時の押し付け力を「1kg」に設定することを意味する。さらに、17行目の「dset 1」はデジタル出力のチャンネル1の出力を「1(ON)」に設定することを意味し、28行目の「dreset 1」はデジタル出力のチャンネル1の出力を「0(OFF)」に設定することを意味する。なお、「dset 1」および「dreset 1」はそれぞれ、円鋸工具等の回転開始および回転停止に対応している。

【0026】一方、18行目および27行目の「move 1」はワークへの押し付けを伴わない直線移動命令であり、命令実行開始時の位置から引数で指定された教示点までワークへの押し付けを行わずに円鋸工具等を直線移動させるためのものである。これに対し、19行目等の「gmove 1」はワークへの押し付けを伴う直線移動命令であり、命令実行開始時の位置から引数で指定された教示点までワークへの押し付けを行いながら円鋸工具等を直線移動させるためのものである。また、20行目等の「gmove c」はワークへの押し付けを伴う円弧移動命令であり、命令実行開始時の位置と引数で指定された2つの教示点とを通る円弧上を、命令実行開始時の位置から第1の引数で指定された教示点を通して第2の引数で指定された教示点までワークへの押し付けを行いながら円鋸工具等を移動させるためのものである。

【0027】図4に示すようなロボットプログラムが与えられると、図1のステップS101において、面取り作業を行う際の動作命令である「gmove!」、「gmove c」のみがロボットプログラムの中から選び出され、これらの動作命令の引数として指定されている教示点および、これらの動作命令の実行開始時の位置を決定する1つ前の動作命令の教示点を調べることにより、面取り作業時の動作と関係する教示点を抽出する。例えば、図4に示すロボットプログラムの19行目の動作命令「gmove 1 p3」の引数は「p3」であり、またこの動作命令の実行開始時の位置を決定するのは1つ前の18行目の動作命令である「move 1 p2」の引数である「p2」である。同様に、図4に示すロボットプログラムから面取り作業時の動作と関係する教

(5)

特開平10-91225

9

示点を全て抽出すると、p2, p3, p4, p5, p6, p7, p8, p9, p10, p11, p12, p13となる。

【0028】図1のステップS102においては、これらp2～p13の各教示点について、それぞれの教示点を含む動作命令の種類から各教示点が直線や円弧等の曲線のうちどのような曲線に属するかを判別するとともに、この判別された曲線における端点や途中の点等の曲線の範囲を特定する教示点の座標値をロボットプログラムの中から読み出す。図3に示すワークの場合には、ワーク被覆が直線および円弧に限定されるので、各教示点の種別は(1)直線と直線との交点、(2)直線と円弧との境界、および(3)円弧の途中の点の3通りに限定される。また、曲線の範囲を特定する教示点は、直線の場合にはその両端点となり、円弧の場合にはその両端点および途中の点となる。このため、図4に示すロボットプログラムの場合であれば、教示点の種別および曲線の範囲を特定する教示点は以下ようになる。

【0029】

- | | |
|------|-----------------|
| | 教示点の種別 |
| 点P2 | : 直線L1と円弧C1との境界 |
| 点P3 | : 直線L1と円弧C2との境界 |
| 点P4 | : 円弧C2の途中の点 |
| 点P5 | : 直線L2と円弧C2との境界 |
| 点P6 | : 直線L2と円弧C3との境界 |
| 点P7 | : 円弧C3の途中の点 |
| 点P8 | : 直線L3と円弧C3との境界 |
| 点P9 | : 直線L3と円弧C4との境界 |
| 点P10 | : 円弧C4の途中の点 |
| 点P11 | : 直線L4と円弧C4との境界 |
| 点P12 | : 直線L4と円弧C1との境界 |
| 点P13 | : 円弧C1の途中の点 |
| | 曲線の範囲を特定する教示点 |
| 直線L1 | : 点P2, P3 |
| 直線L2 | : 点P5, P6 |
| 直線L3 | : 点P8, P9 |
| 直線L4 | : 点P11, P12 |
| 円弧C1 | : 点P12, P13, P2 |
| 円弧C2 | : 点P3, P4, P5 |
| 円弧C3 | : 点P6, P7, P8 |
| 円弧C4 | : 点P9, P10, P11 |

図1のステップS103においては、ステップS102*

$$\begin{bmatrix} x_i \\ y_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_k \frac{x_c}{-z_c} \\ Y_k \frac{y_c}{-z_c} \end{bmatrix} \quad \dots (2)$$

上式(2)において、 $X_c = [x_c, y_c, z_c]^T$ は教示点のカメラ座標系での座標値であり、 $[x_i, y_i]^T$ は教示点の画面座標系での座標値である。画面座標系は画面中央に原点を有しており、本実施の形態で

10

*までに求められた、面取り作業時の動作と関係する教示点、および曲線の範囲を特定する教示点のロボット座標系での座標値を、カメラ座標系さらには画面座標系での座標値に変換する。なお、図4に示すロボットプログラムの場合であれば、座標変換計算が必要な教示点はp2, p3, p4, p5, p6, p7, p8, p9, p10, p11, p12, p13となる。ここで、カメラ座標系とロボット座標系との変位は2つの座標系原点の位置変位および座標系の姿勢変化量により特定することができる。これらの値については、あらかじめビデオカメラとロボットとの位置関係を正確にキャリブレーションして、本実施の形態によるロボットのための画像処理プログラム自動生成方法を実装したプログラムの設定ファイルにユーザが設定しておく。

【0030】カメラ座標系とロボット座標系との変位から計算されるロボット座標系からカメラ座標系への座標変換行列をT、ロボット座標系での各教示点の座標値を X_{ri} 、カメラ座標系での各教示点の座標値を X_{ci} とすると、カメラ座標系への変換は次式(1)により行われる。

【0031】

【数1】

$$X_{ci} = T \cdot X_{ri} \quad \dots (1)$$

上式(1)において、行列Tは同次座標で表現されているものとする。ここで、カメラ座標系はビデオカメラの投影中心に原点を有しており、本実施の形態ではレンズ光軸をZ軸、原点を通り画面の水平方向に対応する軸をX軸、原点を通り画面の垂直方向に対応する軸をY軸としている。また、画面右方向に対応する向きをX軸の正方向、画面上方向に対応する向きをY軸の正方向、ビデオカメラの前方からビデオカメラに向かう方向をZ軸の正方向としている。このようにして教示点のロボット座標系での座標値をビデオカメラの投影中心に原点を有する三次元空間の座標系であるカメラ座標系での座標値に変換した後、ビデオカメラの画面内の二次元空間の座標系である画面座標系への変換を次式(2)により行う。

【0032】

【数2】

40

50

は原点を通り画面の水平方向に対応する軸をX軸、原点を通り画面の垂直方向に対応する軸をY軸としている。また、画面右方向に対応する向きをX軸の正方向、画面上方向に対応する向きをY軸の正方向としている。

【0033】なお、教示点の座標値をロボット座標系からカメラ座標系へ変換する関数またはコマンド、および教示点の座標値をカメラ座標系から画面座標系へ変換する関数またはコマンドとして、

$x_c = \text{TrnRobCam}(x_r, T),$
 $x_p = \text{Persp}(x_c)$

のような形式の2つの関数またはコマンドをあらかじめ用意しておけば、図4に示すロボットプログラムの場合には、図1のステップS104およびステップS105において生成される画像処理プログラムの前段のプログラムとして、図5に示すプログラムが実行される。なお、図5の(A)の部分は教示点の座標値をロボット座標系からカメラ座標系へ変換するプログラムであり、図5の(B)の部分は教示点の座標値をカメラ座標系から画面座標系へ変換するプログラムである。

【0034】図1のステップS104においては、ステップS103において変換された各教示点の座標値および各教示点の属する曲線の種別に基づいて、ビデオカメラの画面内での直線や円弧等の曲線の位置を検出する位置検出プログラムを生成する。図3に示すワークの場合には、ワーク稜線が直線と円弧とに限定されるので、画面内の限定された領域内に存在する直線を検出するルーチン、および画面内の限定された領域内に存在する円弧を検出するルーチンをあらかじめ用意しておき、図1のステップS102で求められた直線および円弧を画面内から順次検出していくプログラムを生成する。すなわち、図4に示すロボットプログラムの場合であれば、あ*

$$spixel[i][j] = \sum_{k=0}^{63} \sum_{l=0}^{63} pixel[i+k-3][j+l-3] \times filter[k][l] \quad \dots (3)$$

上式(3)において、 $filter[i][j]$ はフィルタのパターンであり、本実施の形態ではエッジの傾きに垂直な方向に傾けたガウシアン関数を微分したもの(DoG: Derivative of Gaussian)とする。なお、エッジの傾きは図1のステップS103までに算出された線分の両端点の座標値から算出する。このようなエッジ強調処理を行うことにより、図7(b)に示すようにエッジ上の画素の値は大きくなり、それ以外の画素の値は小さくなる。

【0039】エッジ強調処理が施された画像が得られたら、直線の方程式をハフ(Hough)変換により求める。ハフ変換は、直線や楕円等の方程式を求める代表的な手法の1つであり、ノイズのある画面からも安定して直線や楕円等を検出できるという特徴を有している。

【0040】ハフにより提案された直線検出用のハフ変換は、直線を傾き a および切片 b の2つのパラメータ

* らかじめ用意された上述したような専用の画像処理ルーチン呼び出し、直線L1から直線L4、および円弧C1から円弧C4を順次検出するプログラムを生成する。なお、本実施の形態における画像処理ルーチンでは、ワーク稜線では明るさが急激に変化していることを利用して、あらかじめ指定されたワークの個体差の範囲を考慮した領域内から直線や円弧等の曲線の正確な位置を検出する。

【0035】以下、画面内の限定された領域内に存在する直線または円弧を検出するルーチンの詳細について説明する。

【0036】まず、画面内の限定された領域内に存在する直線を検出するルーチンについて図6により説明する。ここで、画面内の限定された領域とは、両端点が指定された直線(線分)のまわりのある指定された距離だけの幅を持つ領域であり、その形状は例えば長方形である。なお、距離の指定に関してはワークの個体差を考慮してその範囲をユーザがあらかじめ指定しておく。

【0037】画面内の限定された領域が設定された場合には、図6に示すように、まずその領域内についてエッジ強調処理を行う(ステップS201)。図7にエッジ強調処理の具体例を示す。図7(a)はビデオカメラにより撮影された画像の全体を示す図であり、図7(b)は図7(a)に示した画像の全体に対してエッジ強調処理を行った結果を示している。なお、図6のステップS201においては、例えば図7(a)中の点線で囲まれた領域についてエッジ強調処理を行う。ここで、エッジ強調処理とは領域内の各画素について次式(3)のようなフィルタリング計算を行うことを意味する。

【0038】
 [数3]

(a, b)により、

$$y = ax + b \quad \dots (4)$$

と表現し、特徴点(X_i, Y_i)が与えられたときに、直線のパラメータ(a, b)によって張られるパラメータ空間に、

$$b = Y_i - aX_i \quad \dots (5)$$

により表される軌跡を描くようにする。そして、全ての特徴点について軌跡を描いた後、パラメータ空間中で多くの軌跡が交わる点を抽出することにより、その点に対応する直線が画像空間中に存在するものとみなす。

【0041】なお、実際にプログラムによりハフ変換を行う場合には、パラメータ空間を「セル」と呼ばれる多数の要素に分解し、各特徴点についての軌跡を描く際に、パラメータ空間で軌跡が通過するセルの投票度数をエッジ強調処理が施された結果の値だけ増やすことにより、よりエッジらしい点にはより大きな重みが与えら

れるようにする。このような処理が図6のステップS202の処理である。

【0042】画面内の限定された領域内の全ての特徴点についての投票が終了した後、投票度数が最も大きい値を有するセルを抽出することにより、直線のパラメータ(a, b)が求められる(ステップS203)。なお、ステップS203においては、領域内の全ての特徴点について投票を行うのではなく、ステップS201においてエッジ強調処理が施されてよりエッジらしい点であるとみなされた特徴点のみに限定して投票を行うようにしてもよい。

【0043】上式(4)のようにパラメータ(a, b)により画像空間中の直線を表現すると、画面内で直線が垂直に近づくにつれてこれらのパラメータの値が無限大になるので、パラメータ空間が有界にならない。この問題を解決するための一般的な方法は、画像空間中の直線を垂角 θ と原点からの符号付き距離 ρ を用いて、

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta \quad \dots (6)$$

と表現し、パラメータ空間としては(ρ, θ)空間を用いることである。図8(a)は直線に対する(ρ, θ)パラメータ空間の設定の仕方を示し、図8(b)はハフ変換による直線のパラメータ(ρ, θ)の決定の仕方を示す。本実施の形態においては、両端点が指定された直線(線分)のまわりの長方形の領域内の各点について、その点でのエッジ強調処理が施された結果の値を、上式(6)により計算される(ρ, θ)パラメータ空間での直線上の各セルについて加算する。これにより、エッジ強調処理が施された結果の値が大きい点をより多く通る直線が選出されることになる。

【0044】次に、画面内の限定された領域内に存在する*30

$$r_p = \sqrt{(x_0 - x_p)^2 + (y_0 - y_p)^2} \quad \dots (7)$$

【0047】画面内の限定された領域内の全ての特徴点についての投票が終了した後、投票度数が最も大きい値を有するセルを抽出することにより、円弧のパラメータ(x_0, y_0, r)が求められる(ステップS203)。図9(a)は円弧に対する(x_0, y_0, r)パラメータ空間の設定の仕方を示し、図9(b)はハフ変換による円弧のパラメータ(x_0, y_0, r)の決定の仕方を示す。

【0048】なお、上述した円弧のパラメータの算出方法は、ビデオカメラがワークの真上に設置されている場合の方法であり、ビデオカメラがワークの真上に設置されていない場合には円弧が楕円として見えるので、次のようにして円弧のパラメータを求める。

【0049】まずはじめに、図1のステップS102において算出されたロボット座標系での円弧上の3点の座標値から3点の存在する平面の方程式、すなわち次式(8)のパラメータa, b, c, dの値を算出する。

$$[0050] \quad ax + by + cz + d = 0 \quad \dots (8) \quad 50$$

* 円弧を検出するルーチンについて直線の場合と同様に図6により説明する。円弧の場合には、未知の値は円弧中心の座標値(x_0, y_0)および円弧の半径rの3つであるので、円弧中心の座標値(x_0, y_0)および半径rの値をパラメータとする3次元の(x_0, y_0, r)パラメータ空間において上述した直線の場合と同様の投票を行うことにより、円弧の方程式すなわち円弧の位置を決定する。

【0045】エッジ強調処理は上述した直線の場合と同様に、DoGフィルタを図1のステップS103までに算出された円弧の両端点の座標値から算出したエッジの傾きと直角な方向に設定したフィルタをかける(ステップS201)。ただし、円弧の場合には、直線の場合とは異なりエッジの傾きが連続的に変化していくので、各点のエッジ強調処理を行う際に、ステップS103までに算出された教示点の座標値から算出できる円弧の方程式を用いて、その円弧上の特定の点近傍での円弧の傾きを計算し、DoGフィルタの傾きを設定している。

【0046】エッジ強調処理が行われた後は、限定された領域内の各点Pについて次のような処理を行う。すなわち、(x_0, y_0, r)パラメータ空間の(x_0, y_0)平面の各セルについて、点Pが円弧上の点であるとすると半径がいくつになるかを次式(7)により計算し、該当するパラメータ空間のセル(x_0, y_0, r_{00})の投票度数を点Pでのエッジ強調処理が施された結果の値だけ増やす(ステップS202)。なお、 r_{00} は(x_0, y_0, r)パラメータ空間で次式(7)により計算されたrを含むセルの代表値である。

【数4】

上式(8)において、パラメータa, b, c, dの値はロボット座標系での値であるので、以後の計算のためにこれらの値をカメラ座標系での値に変換しておく。また、上述した3点を通る円弧の中心位置は上述したワーク平面上に存在するはずであるので、円弧の中心位置から3点までの距離は等しいという関係を表す2つの方程式、および円弧の中心は既知のワーク平面上にあるという関係を表す方程式により円弧中心の座標値を算出することができ、これにより円弧の半径も容易に算出することができる。なお、円弧中心の座標値を(x_{c0}, y_{c0}, z_{c0})とすると、次式(9)により円弧中心の座標値を算出することができる。

【数5】

$$\begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2(x_1 - x_2)^2 & 2(y_1 - y_2)^2 & 2(z_1 - z_2)^2 \\ 2(x_1 - x_3)^2 & 2(y_1 - y_3)^2 & 2(z_1 - z_3)^2 \\ 2(x_2 - x_3)^2 & 2(y_2 - y_3)^2 & 2(z_2 - z_3)^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} x_1^2 - x_2^2 + y_1^2 - y_2^2 + z_1^2 - z_2^2 \\ x_1^2 - x_3^2 + y_1^2 - y_3^2 + z_1^2 - z_3^2 \\ x_2^2 - x_3^2 + y_2^2 - y_3^2 + z_2^2 - z_3^2 \end{bmatrix} \quad \dots (9)$$

【0055】画面内の限定された領域内の全ての特徴点
についての投票が終了した後、投票度数が最も大きい値
を有するセルを抽出することにより、円弧のパラメータ
(x_0 , y_0 , r) が求められる (ステップS20
3)。

【0056】なお、以上に説明した直線を検出するルー
チンおよび円弧を検出するルーチンについてはそれぞ
れ。

$l = \text{line}(x1, x2, \text{area})$,
 $c = \text{circle}(x1, x2, x3, \text{area})$
のような形式の関数またはコマンドを用意しておき、図
1のステップS104において位置検出プログラムを生

(9)

特開平10-91225

16

*【0051】とくようにして算出された円弧の方程式か
ら、その円弧上の点の座標値を1度ごとに360点につ
いて計算し、各点について画面座標系での座標値に変換
して配列 x f c i r l e に保存する。

【0052】次に、未知の値としてのカメラ座標系での
円弧中心の座標値(x_0 , y_0)および円弧の半径 r を
パラメータとする3次元の(x_0 , y_0 , r)パラメー
タ空間において上述した直線および円弧の場合と同様の
投票を行うことにより、円弧の方程式すなわち円弧の位
置が決定される。

【0053】エッジ強調処理は上述した直線および円弧
の場合と同様に、DoGフィルタをステップS103ま
でに算出された円弧の両端点の座標値から算出したエッ
ジの傾きと直角な方向に設定したフィルタをかける (ス
テップS201)。なお、エッジの傾きが連続的に変化
していくのに対応したDoGフィルタの傾きの設定は、
各点でのフィルタの傾きの設定の際に上述した配列 x f c i r l e
の中でその点に最も近傍に位置する座標値を
探し、その前後の配列要素の値から円弧の傾きを算出し
て、それと直角に設定する。

【0054】エッジ強調処理が行われた後は、限定され
た領域内の各点Pについて次のような処理を行う。すな
わち、各点Pについてその画面座標系での座標値と平面
の方程式とからカメラ座標系での三次元座標値を算出
する。(x_0 , y_0 , r)パラメータ空間の(x_0 , y_0)
平面の各セルについて、点Pが円弧上の点であると
すると半径がいくらになるかを次式(10)により計算
し、該当するパラメータ空間のセル(x_0 , y_0 ,
 $r_{0.1}$)の投票度数を点Pでのエッジ強調処理が行われた
結果の値だけ増やす (ステップS202)。なお、 $r_{0.2}$
は(x_0 , y_0 , r)パラメータ空間で次式(10)に
より計算された r を含むセルの代表値である。また、
次式(10)における z_0 の値は(x_0 , y_0)の値と
平面の方程式とから算出される。

【数6】

$$r_0 = \sqrt{(x_0 - x_p)^2 + (y_0 - y_p)^2 + (z_0 - z_p)^2} \quad \dots (10)$$

成する際に、対応する引数を指定して関数またはコマン
ドを順次呼び出すプログラムを生成する。これらの関数
またはコマンドにおいて、1, c はそれぞれ、算出され
た直線のパラメータ、円弧のパラメータを格納するため
の配列である。また、 $\text{line}()$ の引数である $x1$,
 $x2$ はステップS103までに算出された線分の両端点
の画面座標系での(x , y)座標値であり、 $\text{circle}()$
の引数である $x1$, $x2$, $x3$ は同様にステップ
S103までに算出された円弧の両端点および途中の点
の画面座標系での(x , y)座標値である。なお、 ar
 $e a$ は線分または円弧のまわりの画像処理が行われる領
域の幅であり、ワークの個体差等を考慮してマスタワー

クについてティーチングされたロボットプログラムの中での教示点の座標値からワークごとに教示点の位置がどの程度変動する可能性があるかを検討してユーザが設定する。

【0057】なお、図4に示すロボットプログラムの場合には、直線L1から直線L4、円弧C1から円弧C4までを検出する位置検出プログラムは図10に示すものとなる。

【0058】図10において、xp2、xp3等は図1のステップS103までに算出された教示点P2、P3の画面座標系での座標値である。なお、2本の直線の交点を求める際に設定される直線を検出する領域（エッジ検出領域1およびエッジ検出領域2）の具体例を図12に示す。

【0059】図1のステップS105においては、ステップS104において生成された位置検出プログラムにより検出される直線や円弧等の曲線の位置からステップS101およびステップS102において抽出された各教示点のビデオカメラの画面内での実際の位置を算出する位置算出プログラムと、この位置算出プログラムにより算出される各教示点の画面座標系での座標値をロボット座標系での座標値に変換する座標変換プログラムとを生成する。ここで、教示点の種類は上述したように、

(1) 直線と直線との交点、(2) 直線と円弧との境界、および(3) 円弧の途中の点の3通りに限定される。このため、これらの各場合について、

$xo = \text{clines}(l1, l2, xp1, xp2, xp3),$

$xo = \text{clinecircle}(l1, c1, xp1, xp2, xp3, xp4),$

$xo = \text{pcircle}(c1, xp1, xp2)$

のような形式の関数またはコマンドを用意しておく。これらの関数またはコマンドにおいて、xoは算出された教示点の画面座標系での(x, y)座標値である。l1、l2はステップS104において生成された位置検出プログラムにより検出される直線のパラメータ(a, b)または(ρ, θ)を含む配列であり、c1は同様に位置検出プログラムにより検出される円弧の中心位置

(x0, y0)および半径の値rを含む配列である。また、clines()におけるxp1、xp2、xp3は引数で指定された2つの線分の端点の画面座標系での座標値であり、clinecircle()におけるxp1、xp2、xp3、xp4は引数で指定された線分の両端点と円弧の両端点および途中の点の画面座標系での座標値であり、pcircle()におけるxp1、xp2は引数で指定された円弧の両端点の画面座標系での座標値であり、全ての引数で指定した座標値はステップS103において変換して求められた値を用いる。これらの引数は、ステップS102において各教示点が含まれる動作命令の種類から各教示点が直線や円弧等の曲線

のうちどのような曲線に属するかを判別するとともに、この判別された曲線における端点や途中の点等の曲線の範囲を特定する教示点の座標値を求めているので、容易に設定することが可能である。なお、図4に示すロボットプログラムの場合には、直線や円弧等の曲線の位置からロボットプログラムの中から読み出された各教示点のビデオカメラの画面内での実際の位置を算出する位置算出プログラムは図11に示すものとなる。

【0060】図1のステップS105においてさらに、図11に示す位置算出プログラムにより算出される画面座標系でのxf2～xf13の値をカメラ座標系での値に変換し、これらの変換された値をロボット座標系に変換する座標変換プログラムを生成する。ここで、教示点の座標値を画面座標系からカメラ座標系へ変換する関数またはコマンド、および教示点の座標値をカメラ座標系からロボット座標系へ変換する関数またはコマンドとして、

$xc = \text{TrnCam}(xf, plane),$

$xr = \text{TrnCamRob}(xc, T)$

のような形式の2つの関数またはコマンドをあらかじめ用意しておく。これらの関数またはコマンドにおいて、planeはその点がのっている平面の方程式の係数ベクトルであり、点が円弧の一部であれば、平面の方程式は上述したように算出されているので、その値を用いる。一方、点が線分の一部であれば、線分の両端点およびステップS101で求められた教示点の中での隣接点も含めて3点とし、平面の方程式を算出して用いる。また、Tはカメラ座標系からロボット座標系への同次表現の変換行列である。図4に示すロボットプログラムの場合には、教示点の画面座標系での座標値をロボット座標系での座標値に変換する座標変換プログラムは図13に示すものとなる。なお、図13の(E)の部分は教示点の座標値を画面座標系からカメラ座標系へ変換するプログラムであり、図13の(F)の部分は教示点の座標値をカメラ座標系からロボット座標系へ変換するプログラムである。

【0061】図14は本発明によるロボットプログラム自動修正方法の一実施の形態を説明するための図である。図14に示すように、本発明によるロボットプログラム自動修正方法は、上述したロボットのための画像処理プログラム自動生成方法により生成された画像処理プログラムを用いて、ビデオカメラにより撮影された画像から実際のワークの教示点の座標値を求め、さらにこの求められた実際のワークの教示点の座標値に基づいて、ロボットプログラムにあらかじめ内蔵された各教示点の座標値を修正するものである。なお、ステップS301～ステップS305のそれぞれの処理は図1のステップS101～ステップS105の対応するそれぞれの処理と同一であるので、その詳細な説明は省略する。

【0062】図14に示すように、まず、あらかじめマ

スタワークについてティーチングされたロボットプログラムの中から溶接作業や、面取り作業等の作業対象であるワークとの接触作業を行う際のロボット座標系に基づく動作命令を抽出し、この抽出された動作命令から正確な位置計測が必要な教示点を抽出する（ステップS301）。

【0063】続いて、ステップS301において抽出された各教示点について、それぞれの教示点を含む動作命令の種類から各教示点が直線や円弧等の曲線のうちどのような曲線に属するかを判別するとともに、この判別された曲線における端点や途中の点等の曲線の範囲を特定する教示点の座標値をロボットプログラムの中から読み出す（ステップS302）。

【0064】その後、ステップS301において抽出された教示点のロボット座標系での座標値、およびステップS302において抽出されたその他の教示点のロボット座標系での座標値を画面座標系での座標値に変換する（ステップS303）。すなわち、ロボットプログラムで記述されている座標値はロボット座標系での座標値であるので、これらの座標値をロボット座標系とカメラ座標系との変位量を用いて画面座標系での座標値に変換する。なお、ロボット座標系とカメラ座標系との変位量はあらかじめユーザが設定しておく。

【0065】そして、ステップS303において変換された各教示点の座標値および各教示点の属する曲線の種別に基づいてビデオカメラの画面内での直線や円弧等の曲線の位置を検出する位置検出プログラムを生成するとともに（ステップS304）、ステップS304において生成された位置検出プログラムにより検出される直線や円弧等の曲線の位置からステップS101およびステップS102において抽出された各教示点のビデオカメラの画面内での実際の位置を算出する位置算出プログラムと、この位置算出プログラムにより算出される各教示点の画面座標系での座標値をロボット座標系での座標値へ変換する座標変換プログラムとを生成する（ステップS305）。

【0066】最後に、ステップS304およびステップS305において生成された画像処理プログラムを実行することにより、ビデオカメラにより撮影された画像から実際のワークの教示点の座標値を求める。そして、このようにして求められた実際のワークの教示点の座標値に基づいて、あらかじめロボットプログラムに内蔵された各教示点の座標値を修正する（ステップS306）。

【0067】図4に示すロボットプログラムの場合には、図15に示すように、ロボットプログラムの13行目と14行目との間に、生成された画像処理プログラム（A）～（F）（図5、図10、図11および図13参照）と、この画像処理プログラムを実行して求められた実際のワークの教示点 $x_{r2} \sim x_{r13}$ の座標値をあらかじめ内蔵された対応する教示点 $p2 \sim p13$ の座標値

として代入するプログラム（図15の（G）の部分参照）とを組み込むようにする。なお、図15に示すように生成された画像処理プログラムを直接ロボットプログラムの中に組み込む他、画像処理プログラムをロボットプログラムとは独立して実行し、その実行結果として得られた座標値によってロボットプログラムの中のあらかじめ内蔵された教示点の座標値を修正するようにしてもよい。

【0068】このように、本発明のロボットプログラム自動修正方法の一実施の形態によれば、ステップS301～ステップS305により生成された画像処理プログラムを用いて、ビデオカメラにより撮影された画像から実際のワークの教示点の座標値を各ワークごとに求め、さらにこの求められたワークの実際の教示点の座標値に基づいて、あらかじめ図4に示すようなロボットプログラムに内蔵された各教示点の座標値を自動的に修正する（ステップS306）ので、1つのマスタワークについてティーチングを行ってロボットプログラムを作成するだけでワークごとの個体差を吸収するようにロボットプログラムを自動的に修正することができる。

【0069】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、マスタワークについてティーチングされたロボットプログラムからワークごとの個体差に対応するための画像処理プログラムを自動的に生成することができる。また、このようにして生成された画像処理プログラムを用いて、ロボットプログラムにあらかじめ内蔵された各教示点の座標値を自動的に修正するので、1つのマスタワークについてティーチングを行ってロボットプログラムを作成するだけでワークごとの個体差を吸収するようにロボットプログラムを自動的に修正することができ、このため仮に画像処理に関しての十分な知識を有しない人であっても容易に画像処理を利用してワークの個体差を吸収した形でロボットを動作させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるロボットのための画像処理プログラム自動生成方法の一実施の形態を説明するための図である。

【図2】本発明によるロボットのための画像処理プログラム自動生成方法を實現する装置の一実施の形態を示す図である。

【図3】ワークの一例およびそのワークの教示点を示す図である。

【図4】図3に示すワークのエッジの面取り作業を行うためのロボットプログラムを示す図である。

【図5】教示点の座標値をロボット座標系からカメラ座標系へ変換するプログラム、および教示点の座標値をカメラ座標系から画面座標系へ変換するプログラムを示す図である。

【図6】画面内の限定された領域内に存在する直線や円

(12)

特開平10-91225

21

弧等の曲線を検出するルーチンを説明するための図である。

【図7】ビデオカメラにより撮影された画像に対するエッジ強調処理の具体例を示す図である。

【図8】直線に対する (ρ, θ) パラメータ空間の設定の仕方(図8(a))、およびハフ変換による直線のパラメータ (ρ, θ) の決定の仕方(図8(b))を示す図である。

【図9】円弧に対する (x_0, y_0, r) パラメータ空間の設定の仕方(図9(a))、およびハフ変換による円弧のパラメータの決定の仕方(図9(b))を示す図である。

【図10】図4に示すロボットプログラムに対して作成される位置検出プログラムを示す図である。

【図11】図4に示すロボットプログラムに対して作成される位置算出プログラムを示す図である。

*【図12】2本の直線の交点を求める際に設定される直線を検出する領域の具体例を示す図である。

【図13】図4に示すロボットプログラムに対して作成される座標変換プログラムを示す図である。

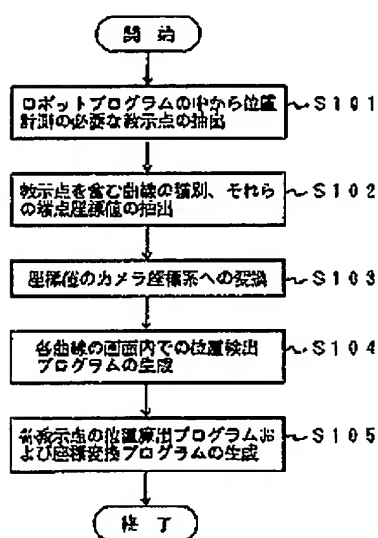
【図14】本発明によるロボットプログラム自動修正方法の一実施の形態を説明するための図である。

【図15】本発明によるロボットのための画像処理プログラム自動生成方法により生成された画像処理プログラムを組み込んだロボットプログラムを示す図である。

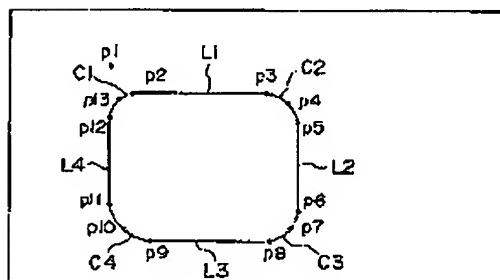
【符号の説明】

- 1 ビデオカメラ
- 2 画像入力ボード
- 3 パーソナルコンピュータ
- 4 ロボットコントローラ
- 5 ロボット
- 6 ワーク

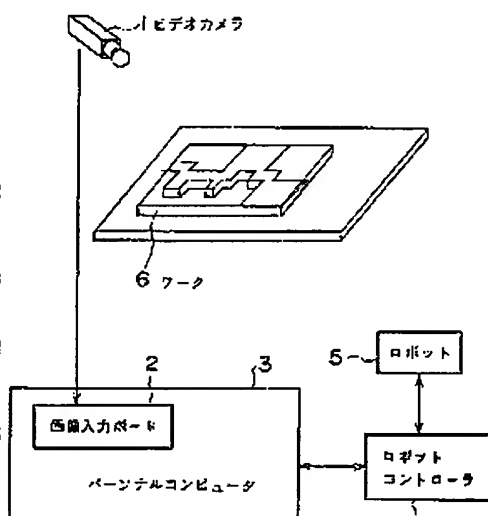
【図1】



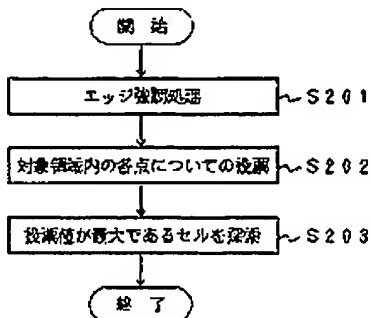
【図3】



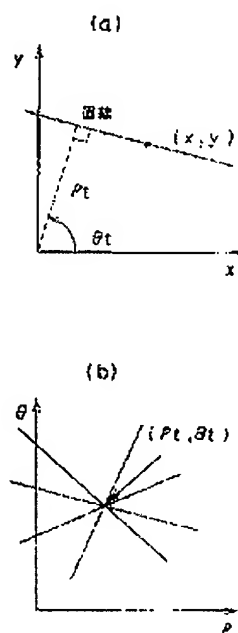
【図2】



【図6】



【図8】



(13)

特開平10-91225

【図4】

```

1) p1=(0, 100, 10)
2) p2=(10, 0, 10)
3) p3=(499, 0, 10)
4) p4=(497, 07, -2, 83, 19)
5) p5=(500, -10, 10)
6) p6=(500, -290, 10)
7) p7=(497, 07, -297, 07, 10)
8) p8=(490, -300, 10)
9) p9=(10, -300, 10)
10) p10=(2, 93, -297, 07, 10)
11) p11=(0, -290, 10)
12) p12=(0, -10, 10)
13) p13=(7, 07, -2, 83, 10)
14) move1 p1
15) speed 10
16) force 1
17) dset 1
18) move1 p2
19) gmove1 p3
20) gmove1 p4, p5
21) gmove1 p6
22) gmove1 p7, p8
23) gmove1 p9
24) gmove1 p10, p11
25) gmove1 p12
26) gmove1 p13, p2
27) move1 p1
28) dreset 1

```

【図5】

```

xc2=TrnRobCam(p2, T)
xc3=TrnRobCam(p3, T)
xc4=TrnRobCam(p4, T)
xc5=TrnRobCam(p5, T)
xc6=TrnRobCam(p6, T)
xc7=TrnRobCam(p7, T)
xc8=TrnRobCam(p8, T)
xc9=TrnRobCam(p9, T)
xc10=TrnRobCam(p10, T)
xc11=TrnRobCam(p11, T)
xc12=TrnRobCam(p12, T)
xc13=TrnRobCam(p13, T)

```

(A)

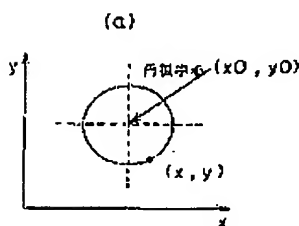
```

xp2=Persp(xc2)
xp3=Persp(xc3)
xp4=Persp(xc4)
xp5=Persp(xc5)
xp6=Persp(xc6)
xp7=Persp(xc7)
xp8=Persp(xc8)
xp9=Persp(xc9)
xp10=Persp(xc10)
xp11=Persp(xc11)
xp12=Persp(xc12)
xp13=Persp(xc13)

```

(B)

【図9】



【図10】

```

l1=line(xp2, xp3, area)
l2=line(xp5, xp6, area)
l3=line(xp8, xp9, area)
l4=line(xp11, xp12, area)
c1=circle(xp12, xp13, xp2, area)
c2=circle(xp3, xp4, xp5, area)
c3=circle(xp6, xp7, xp8, area)
c4=circle(xp9, xp10, xp11, area)

```

(C)

【図11】

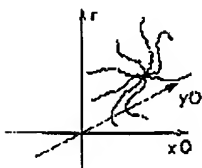
```

xf2=clinecircle(l1, c1, xp2, xp3, xp12, xp13)
xf3=clinecircle(l1, c2, xp2, xp3, xp4, xp5)
xf4=circle(c2, xp4, xp5)
xf5=clinecircle(l2, c2, xp3, xp4, xp6, xp7)
xf6=clinecircle(l2, c3, xp5, xp6, xp7, xp8)
xf7=circle(c3, xp6, xp7)
xf8=clinecircle(l3, c3, xp6, xp7, xp8, xp9)
xf9=clinecircle(l3, c4, xp8, xp9, xp10, xp11)
xf10=circle(c4, xp9, xp11)
xf11=clinecircle(l4, c4, xp8, xp11, xp12)
xf12=clinecircle(l4, c1, xp11, xp12, xp13, xp2)
xf13=circle(c1, xp2, xp12)

```

(D)

(b)



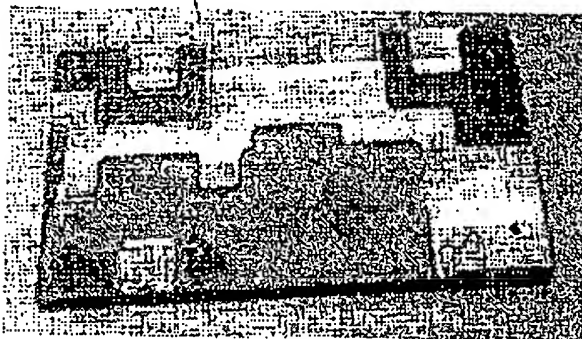
(14)

特開平10-91225

【図7】

直線検出ルーチンのための限定された領域

(a)



(b)

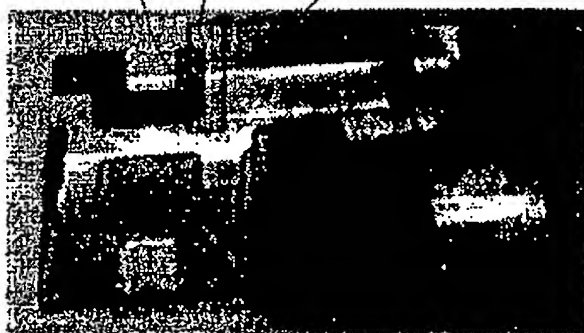


【図12】

検出すべき交点

エッジ検出領域2

エッジ検出領域1



(15)

特開平10-91225

【図13】

```

xc2=TrnCam(xf2, plane)
xc3=TrnCam(xf3, plane)
xc4=TrnCam(xf4, plane)
xc5=TrnCam(xf5, plane)
xc6=TrnCam(xf6, plane)
xc7=TrnCam(xf7, plane)
xc8=TrnCam(xf8, plane)
xc9=TrnCam(xf9, plane)
xc10=TrnCam(xf10, plane)
xc11=TrnCam(xf11, plane)
xc12=TrnCam(xf12, plane)
xc13=TrnCam(xf13, plane)

```

(E)

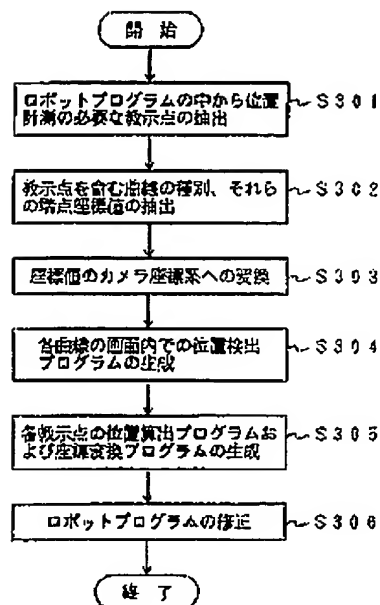
```

xr2=TrnCamRob(xc2, T)
xr3=TrnCamRob(xc3, T)
xr4=TrnCamRob(xc4, T)
xr5=TrnCamRob(xc5, T)
xr6=TrnCamRob(xc6, T)
xr7=TrnCamRob(xc7, T)
xr8=TrnCamRob(xc8, T)
xr9=TrnCamRob(xc9, T)
xr10=TrnCamRob(xc10, T)
xr11=TrnCamRob(xc11, T)
xr12=TrnCamRob(xc12, T)
xr13=TrnCamRob(xc13, T)

```

(F)

【図14】



【図15】

```

1) 01={0, 188, 10}
2) p2={18, 0, 10}
3) p3={49, 0, 10}
4) p4={49, 0, -2.98, 10}
5) p5={580, -10, 10}
6) p6={580, -192, 10}
7) p7={497, 0, -297, 07, 10}
8) p8={490, -390, 10}
9) p9={10, -390, 10}
10) p10={2, 0, -297, 07, 10}
11) p11={0, -290, 10}
12) p12={0, -10, 10}
13) p13={7, 87, -2.93, 10}

(A)
(B)
(C)
(D)
(E)
(F)
} 生成された
  西位置プログラム

p2=xr2
p3=xr3
p4=xr4
p5=xr5
p6=xr6
p7=xr7
p8=xr8
p9=xr9
p10=xr10
p11=xr11
p12=xr12
p13=xr13
} (G)

14) move 0 1 0
15) speed 10
16) force 1
17) delay 1
18) move 0 2 0
19) move 0 3 0
20) move 0 4 0
21) move 0 5 0
22) move 0 6 0
23) move 0 7 0
24) move 0 8 0
25) move 0 9 0
26) move 0 10 0
27) move 0 11 0
28) delay 0

```

(15)

特開平10-91225

フロントページの続き

(51)Int.Cl.[°]
G06K 9/46

識別記号

F I
G06K 9/46

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.